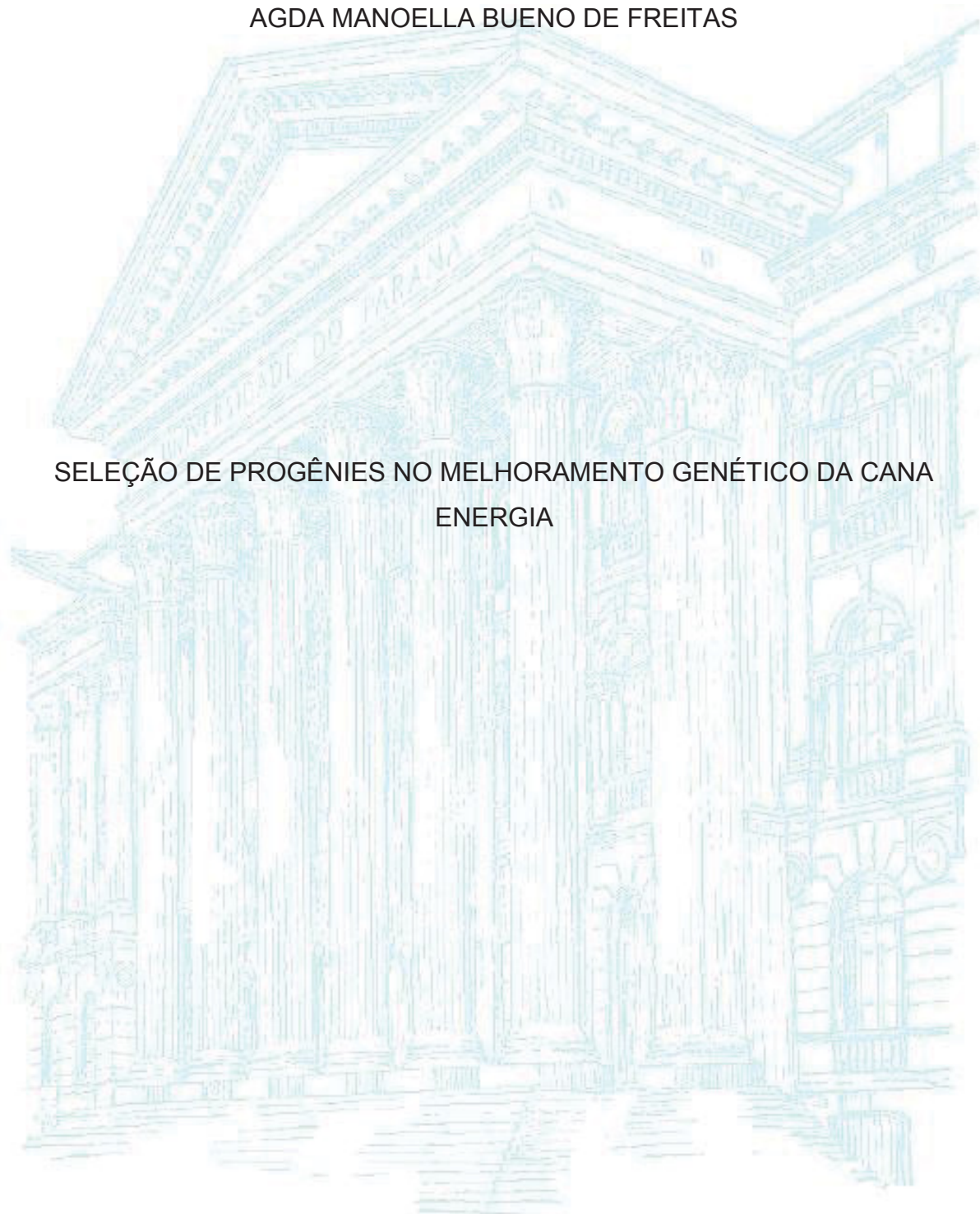


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AGDA MANOELLA BUENO DE FREITAS

SELEÇÃO DE PROGÊNIES NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA  
ENERGIA



CURITIBA

2019

AGDA MANOELLA BUENO DE FREITAS

SELEÇÃO DE PROGÊNIES NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA  
ENERGIA

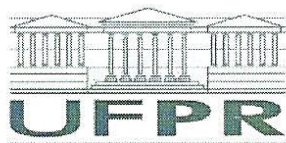
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor(a) em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Portela Brasileiro  
Co-Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto de Oliveira

CURITIBA

2019

F866s Freitas, Agda Manoella Bueno de  
Seleção de progênies no melhoramento genético da cana  
energia / Agda Manoella Bueno de Freitas. - Curitiba, 2019.  
50 p.: il.,  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia -  
(Produção Vegetal).  
Orientador: Bruno Portela Brasileiro  
Coorientador: Ricardo Augusto De Oliveira  
1. Cana-de-açúcar. 2. Agricultura e energia. 3. Energia - fontes  
alternativas. 4. Melhoramento genético. I. Brasileiro, Bruno  
Portela (Orientador). II. Oliveira, Ricardo Augusto De  
(Coorientador). III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA  
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **AGDA MANOELLA BUENO DE FREITAS** intitulada: **SELEÇÃO DE PROGÊNIES NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA ENERGIA**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 26 de Março de 2019.

BRUNO PORTELA BRASILEIRO  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

AMARO AFONSO CAMPOS DE AZEREDO

Avaliador Externo (UFPR)

JOSÉ LUIS CAMARGO ZAMBON

Avaliador Externo (UFPR)

LUIS CLAUDIO INACIO DA SILVEIRA

Avaliador Externo (UFV)

*Para o grande amor da minha vida,  
meu filho Luiz Felipe*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço pela grande oportunidade de viver, por ter pessoas maravilhosas ao meu lado, sempre me incentivando carinhosamente.*

*Agradeço primeiramente ao meu filho Luiz Felipe por ter me proporcionado a maior felicidade da minha vida, dia do seu nascimento. Ele é o maior responsável por todas as minhas conquistas, pois é exatamente nele que eu penso quando almejo algo que poderá nos proporcionar uma vida melhor. É para ele que eu quero sempre ensinar e demonstrar o quanto vale a pena lutar por nossos sonhos e objetivos. É nele que eu me inspiro para tornar-me diariamente uma pessoa boa, responsável, honesta, carinhosa e feliz.*

*Agradeço ao Luiz Felipe por ser esse filho maravilhoso, sempre compreensivo e amoroso, principalmente nos momentos em que eu precisei me ausentar para dedicar-me a esse estudo. Agradeço por me amar, confiar e acreditar em mim.*

*Agradeço a minha mãe Andréa pela minha vida, com certeza sem ela nada disso seria possível. Agradeço pelo carinho, companheirismo, pelo auxílio diário, por ter me apoiado constatemente nas minhas decisões, por ter me ajudado com a criação do meu filho, sendo sempre uma mãe e avó maravilhosa e carinhosa.*

*Agradeço a minha linda irmã Gabriella (Bibi), por ser essa pessoa de luz, sabedoria e amor, que me auxilia em tudo, com os seus gestos carinhosos, lindos e admiráveis. Está sempre me inspirando e me encorajando com seu jeito doce, sério, sereno e responsável de levar a vida.*

*Agradeço a minha avó Aguida (Nenzinha) por ter sido tão amorosa, pelos ensinamentos diários por meio da sua sabedoria, bondade e dedicação. Por ter nos ensinado a amar, respeitar ao próximo e preservar a união da nossa família com muito carinho e compreensão. Com certeza ela é o esteio e o maior exemplo da nossa família.*

*Ao meu avô Valdemar por me ensinar a ser corajosa e persistente. Sempre nos mostrou com sua seriedade e experiência, a importância de lutar por um futuro melhor, a ter resiliência e não desanimar diante das dificuldades.*

*Aos meus amados tios (irmãos) André Bueno e Adriana Bueno por ter me proporcionado momentos tão importantes e felizes juntamente com suas famílias, por acreditarem em mim, me amando e incentivando a continuar conquistando os meus objetivos com muita garra e determinação.*

*Aos meus amigos que sempre me ajudaram incansavelmente, cada um com a sua disponibilidade e carinho, sempre me proporcionando condições emocionais, me distraindo e me*

*e me alegrando nas horas mais difíceis. Em especial à minha grande amiga Lígia Carolina e sua família, por ter me cedido um lar, pelo carinho, atenção e cuidado. Foi uma excelente e importantíssima companheira enquanto estive em Curitiba para cursar o doutorado.*

*Aos meus colegas de trabalho durante o período do doutorado, por ter sido compreensíveis e tolerantes. Em especial à Engenheira Agr<sup>a</sup> Maria Stella Xavier pelas oportunidades concedidas, pelo carinho e pela amizade sincera de todos esses anos e ao Engenheiro Agrônomo e grande amigo João Pedro Fiorini, por todo carinho, auxílio e incentivo.*

*Ao meu Orientador Dr. Bruno Portela, por aceitar essa missão com muita confiança e tranquilidade. Sempre me incentivou a melhorar e aperfeiçoar os meus conhecimentos. Foi um amigo e professor bastante importante na minha evolução como discente e como ser humano.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos que contribuiu expressivamente para a realização da pesquisa.*

*A todos os docentes e discentes da Pós Graduação em Agronomia do Departamento de Fitotecnia do Centro de Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Em atenção aos professores doutores - João Carlos Bessalho Filho, José Luis Camargo Zambon e Ricardo Augusto de Oliveira. Em especial ao Professor Dr. Edelclaiton Daros, que foi o responsável pela minha decisão em ingressar no programa de doutorado. Ele foi inicialmente o meu orientador no curso, foi quem me encorajou com seus conselhos e gestos de sabedoria, responsabilidade, seriedade e proteção, contribuiu muito para minha evolução na vida acadêmica e profissional.*

*A todos os funcionários da Pós Graduação em Agronomia do Departamento de Fitotecnia do Centro de Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Em especial à grande amiga Lucimara, pelo profissionalismo, carinho, dedicação e à sua admirável conduta e atenção com todos os discentes.*

*A todos os membros da Rede Interuniversitária do Desenvolvimento para o Setor Sucroenergético – RIDESA. Em especial à equipe do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar da UFPR e ao meu digníssimo amigo Luís Cláudio Inácio da Silveira pelo o imenso carinho e incentivo. Em atenção aos pesquisadores e técnicos da estação experimental de Paranavaí pelo excelente e exaustivo trabalho desenvolvido na condução dos ensaios que proporcionaram essa pesquisa.*

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina. O saber se aprende com os mestres e livros. A sabedoria, com o corriqueiro, com a vida e com os humildes.”

(Cora Coralina)



## RESUMO

A preocupação mundial com os impactos ambientais provocados pelo crescente aquecimento global tem conferido destaque às energias renováveis a partir da biomassa vegetal, como alternativa viável e contributiva para com a redução das emissões de gases do efeito estufa. Neste contexto, o bioetanol produzido a partir da cana-de-açúcar mostra-se altamente rentável e bastante competitivo, por possuir um perfil alinhado com as demandas do desenvolvimento sustentável do segmento. A cana energia, considerada de ótima longevidade e produtividade se manejada corretamente, possui excelente vigor vegetativo, perfilhamento denso, boa brotação, alto teor fibra e elevada produção de biomassa, surge como uma alternativa competitiva para elevar a produtividade da cana-de-açúcar e consequentemente dos produtos e subprodutos dessa matéria-prima. Dada a sua versatilidade - produção de bioetanol, açúcar e cogeração de energia - torna-se indispensável o redirecionamento dos estudos para o melhoramento genético da cultura, considerando seu potencial de expansão na agricultura brasileira, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis à sua produção em grande escala. Visando contribuir para evolução das atividades de pesquisas e no melhor aproveitamento dos recursos genéticos relacionadas ao estudo da cana energia, este trabalho apresenta os resultados de avaliações do potencial produtivo de famílias e clones de cana energia, por meio dos caracteres de produção, qualidade e dos parâmetros genéticos herdabilidade e repetibilidade, analisando os componentes de variância utilizando modelos mistos RELM/BLUP em duas fases (T2 e T3) de seleção nos ciclos de cana planta e cana soca. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Paranaíba e Santo Inácio, na região Noroeste do Paraná. Os resultados indicam que ocorreu elevado efeito ambiental principalmente na produtividade de colmos por hectare, tendo em vista que os caracteres PC (teor de sacarose aparente) e FIB (teor de fibra) apresentaram maior herdabilidade na terceira fase de teste e com valores próximos aos observados na fase T2. Identificaram-se as melhores famílias de cana energia, destacando-se o desempenho das famílias que envolveram em seus cruzamentos as cultivares comerciais RB867515 e RB92579 e as cultivares IM76-229 e IM76-228 da espécie *Saccharum robustum*. Os clones PRBIO4, PRBIO18 e PRBIO110 apresentaram teores de sacarose acima de 12%. Os genótipos PRBIO130, PRBIO231, PRBIO136, PRBIO20 apresentaram médias de teor de fibra acima de 19,5%. Quanto aos caracteres de produtividade, destacaram-se os genótipos PRBIO221, PRBIO137, PRBIO215, PRBIO64 e PRBIO212, com médias acima de 140 toneladas de colmos por hectare (TCH), sendo que o genótipo PRBIO221 foi o mais produtivo, com 148 toneladas de colmo por hectare. Os genótipos PRBIO137, PRBIO53, PRBIO143 e PRBIO130 apresentaram médias acima de 24 toneladas de fibra por hectare (TFH). Os valores de repetibilidade dos caracteres avaliados foram baixos nas duas fases de seleção clonal, demonstrando baixa confiabilidade nas médias genotípicas preditas, entretanto, com 3 a 5 medições é possível obter valores de acurácia seletiva acima de 70% para todos os caracteres avaliados, com exceção da tonelada de colmos por hectare.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., Bioenergia, Parâmetros genéticos, Repetibilidade, Herdabilidade.

## ABSTRACT

The worldwide concern about the environmental impacts caused by the growing global warming has given prominence to renewable energies from the vegetal biomass, as a viable and contributory alternative towards the reduction of greenhouse gas emissions. In this context, bioethanol from energy cane is highly profitable and very competitive, due its profile in line with the demands of the sustainable development of the segment. Energy-cane, considered to be of excellent longevity and productivity if handled correctly, has excellent vegetative vigor, dense tillering, good sprouting, high fiber content and high biomass production, it appears as an competitive alternative to increase the productivity of sugarcane and consequently the products and by-products of this raw material. Due its versatility - bioethanol production, sugar production and energy cogeneration - it is essential to focus studies on the genetic improvement of the crop, considering its potential for expansion in Brazilian agriculture, where the soil and climatic conditions are favorable to its large scale production. Aiming to contribute to the evolution of research activities and to the best use of genetic resources related to the study of energy cane, this paper presents the results of evaluations of the productive potential of families and canons of energy cane, through the production characters, quality and genetic parameters - heritability and repeatability, by analyzing the components of variance using mixed models RELM/BLUP in two stages (T2 and T3) of selection in the cycles of cane plant and cane ratoon. The experiments were conducted in the municipalities of Paranavaí and Santo Inácio, Northwest of Paraná. The results indicate that there was a high environmental effect, mainly on yield of stalks per hectare, considering that PC (apparent sucrose content) and FIB (fiber content) presented higher heritability in the third test phase and with values close to those observed in phase T2. The best families of energy cane were identified, highlighting the performance of the families that involved the commercial cultivars RB867515 and RB92579 and the cultivars IM76-229 and IM76-228 of *Saccharum robustum*. The PRBIO4, PRBIO18 and PRBIO110 clones presented sucrose contents above 12%. The genotypes PRBIO130, PRBIO231, PRBIO136, PRBIO20 showed a mean fiber content above 19.5%. The PRBIO221, PRBIO137, PRBIO215, PRBIO64 and PRBIO212 genotypes stood out, with averages above 140 tons of stems per hectare (TCH), and the PRBIO221 was the most productive with 148 tons of stalk per hectare. The genotypes PRBIO137, PRBIO53, PRBIO143 and PRBIO130 showed averages above 24 tons of fiber per hectare (TFH). The repeatability values of the evaluated characters were low in the two clonal selection phases, showing low reliability in the predicted genotypic means, however, with 3 to 5 measurements it is possible to obtain selective accuracy values above 70% for all the evaluated characters, with the exception of of the ton of stems per hectare.

**Keywords:** *Saccharum* spp., Bioenergy, Genetic parameters, Repeatability, Inheritance.

## FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Plantas de <i>Saccharum spontaneum</i> (a) e de <i>Saccharum</i> spp. (b) (Fotos: A.Freitas, Murici, Alagoas, 2017).....	14
<b>Figura 1.2</b> – Palha da cana (a) e bagaço de cana processada (b) (Fotos: J.Luiz, São Paulo, 2017 (a); P.Viana, Alagoas, 2015 (b)). .....	15
<b>Figura 1.3</b> – Hibridação biparental realizada na RIDESA (Fotos: A.Freitas, Murici, Alagoas, 2017). .....	17

## TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Unidades Experimentais (UE) onde foram conduzidos os experimentos para a avaliação e seleção de clones de cana energia (Paraná, 2019).....	25
<b>Tabela 2.2</b> – Parâmetros genéticos estimados em clones e famílias na segunda e terceira fase de teste (T2 e T3) do programa de melhoramento genético da cana energia da Universidade Federal do Paraná (Paraná, 2018).....	27
<b>Tabela 2.3</b> – Médias genotípicas dos caracteres de qualidade e produção de 27 famílias avaliadas nas duas fases de teste (T2 e T3) do programa de melhoramento genético da cana energia da Universidade Federal do Paraná (Paraná, 2018). ....	29
<b>Tabela 3.1</b> – Unidades Experimentais (UE) onde foram conduzidos os experimentos para a avaliação e seleção de clones de cana energia (Paraná, 2019).....	40
<b>Tabela 3.2</b> – Número de medições necessárias (md) para a seleção de clones, a partir do Modelo Básico de Repetibilidade sem Delineamento (Modelo 1), considerando a determinação (Det), acurácia (Ac) e a eficiência (Ef) da realização de medidas em comparação com a situação em que se usa apenas uma medição (Paraná, 2019). ....	44
<b>Tabela 3.3</b> – Repetibilidades utilizando os Modelo 1 e 2, estimados a partir dos caracteres de produção dos clones de cana energia avaliados no programa de melhoramento genético da cana energia da Universidade Federal do Paraná (Paraná, 2019). ....	45

## SIGLAS E ABREVIATURAS

RB	República Brasil
TCH	Tonelada de Colmo por Hectare.
NC	Número de Colmo
NMC	Número Médio de Colmo
TFH	Tonelada de Fibra por Hectare
TPH	Tonelada de Pol por Hectare
PC	Teor de Açúcar Aparente
FIB	Teor de Fibra
PMC	Peso Médio do Colmo
RIDESA	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético
PMGCA	Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar
LVD	Latossolos Vermelhos Distróficos
PVD	Argissolos Vermelhos
BRIX	Concentração de sólidos solúveis em uma solução de sacarose
REML	Máxima Verossimilhança Restrita
BLUP	Melhor Predição Linear Não Viesada
CECA	Centro de Experimentação em Cana-de-Açúcar

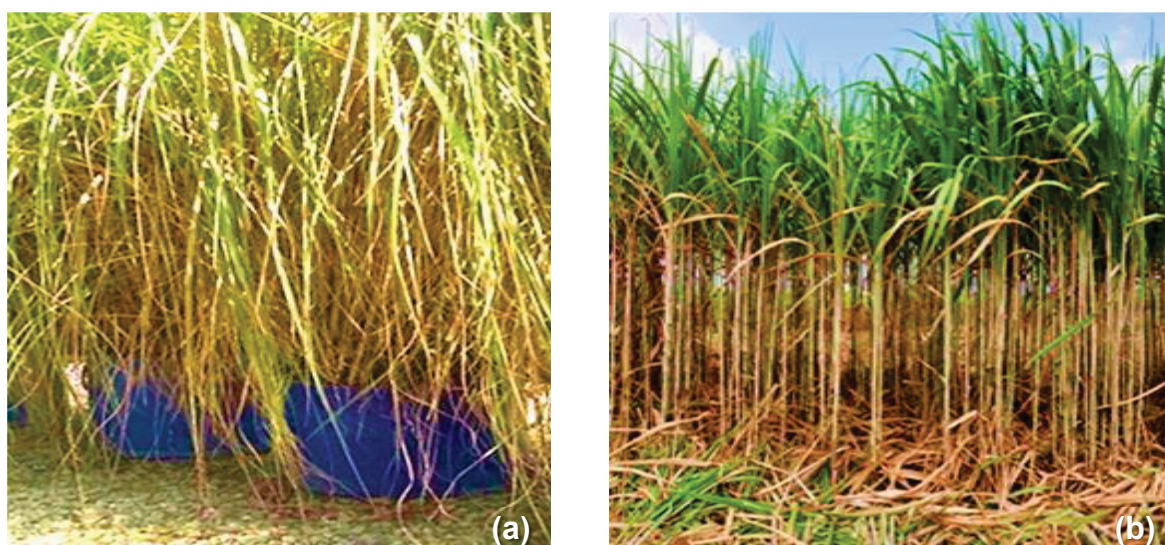
## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	REFERÊNCIAS .....	19
<b>2</b>	<b>DESEMPENHO DE FAMÍLIAS E CLONES PARA CANA ENERGIA NAS FASES INICIAIS DE SELEÇÃO CLONAL .....</b>	<b>21</b>
	RESUMO .....	21
	ABSTRACT .....	22
2.1	INTRODUÇÃO.....	22
2.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	24
2.2.1	Locais de estudo.....	24
2.2.2	Delineamento experimental .....	25
2.2.3	Avaliação dos clones .....	26
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
2.4	CONCLUSÃO .....	33
2.5	REFERÊNCIAS .....	33
<b>3</b>	<b>REPETIBILIDADE DOS CARACTERES DE PRODUÇÃO DE CLONES PARA CANA ENERGIA.....</b>	<b>37</b>
	RESUMO .....	37
	ABSTRACT .....	37
3.1	INTRODUÇÃO.....	38
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	40
3.2.1	Locais de estudo.....	40
3.2.2	Delineamento experimental .....	40
3.2.3	Avaliação dos clones .....	41
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
3.4	CONCLUSÃO .....	46
3.5	REFERÊNCIAS .....	47
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS GERAL.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é cultivada numa grande extensão territorial e em diversos países do mundo, apresenta melhor desenvolvimento nas regiões quentes. Porém, o clima ideal é aquele que apresenta duas estações distintas, uma quente e úmida que favorece a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguida de outra mais seca que promove a maturação e consequente acúmulo de sacarose nos colmos. O solos ideais para o plantio da cana-de-açúcar são profundos, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção, mas devido a sua rusticidade, a cana-de-açúcar se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis (CASTRO, 2013).

Inicialmente, por se tratar de uma planta cuja sua função destinava-se a produção de açúcar, o melhoramento genético da cana-de-açúcar foi destinado para contribuir na obtenção de cultivares com alta produção de sacarose no caldo (ROSSETTO, 2012). Atualmente, segundo Ramos (2017), os programas de melhoramento estão realizando hibridações envolvendo diferentes espécies do gênero *Saccharum* (Figura 1.1) com o intuito de explorar ainda mais o potencial energético dessa cultura. Nos últimos anos, incluíram nos estudos, além dos cultivares para maior produção de açúcar e etanol, cultivares com maior teor de fibra e elevada produção de biomassa (SILVEIRA, 2015).



**Figura 1.1** – Plantas de *Saccharum spontaneum* (a) e de *Saccharum* spp. (b) (Fotos: A.Freitas, Murici, Alagoas, 2017).



A preocupação com os impactos ambientais provocados pelo crescente efeito estufa e a grande necessidade emergencial da redução de  $\text{CO}_2$ , exigem a diminuição de emissões de gases das energias fósseis. Os países industrializados, emergentes e em desenvolvimento pretendem diminuir consideravelmente as dependências do petróleo e aproveitar as condições naturais na produção de energia renovável à base de matérias-primas vegetais (KOHLHEPP, 2010). Isso contribui para que o bioetanol a partir de biomassas residuais de composição lignocelulósica alcance uma posição de destaque no Brasil e em outros países (SILVA, 2010). Há portanto, uma evolução nas pesquisas de etanol de segunda geração que utilizam esses materiais como fonte de energia que está sendo aperfeiçoada.

Há uma expectativa de que em algum momento as chamadas tecnologias de segunda geração estejam prontas para permitir a utilização do bagaço e da palha na produção de etanol por meio o processo de hidrólise (Figura 1.2). Portanto, mais uma oportunidade para o fortalecimento do setor sucroenergético e para a economia do País (SANTOS E GOUVEIA, 2009). Estes subprodutos têm um grande potencial energético, por isso já são utilizados em caldeiras para geração de calor e eletricidade, no processo industrial da fabricação de álcool e açúcar e também na geração de excedentes de energia elétrica que podem ser comercializados (SANTOS et al., 2012).



**Figura 1.2** – Palha da cana (a) e bagaço de cana processada (b) (Fotos: J.Luiz, São Paulo, 2017 (a); P.Viana, Alagoas, 2015 (b)).

Segundo ainda Kohlhepp (2010), alguns estudos ressaltam que os gases estufa gerado pelo uso de etanol da cana-de-açúcar são excepcionalmente reduzidos de



70% a 90%, comparado com o uso da gasolina e a que a redução desses gases pelo uso do etanol produzido do milho (20%-50%), da beterraba (30%-50%) e do trigo (30%-60%) são bem menores. Dessa forma as energias renováveis a partir da biomassa da cana-de-açúcar, denominada assim cana energia, assumem papel especial, pois torna-se uma tecnologia altamente rentável e bastante competitiva que sugere manter o equilíbrio ambiental. Sendo considerada um recurso natural renovável, a cana energia está ligada diretamente aos objetivos modernos do desenvolvimento sustentável. Isso permite o Brasil destacar-se mundialmente devido as suas condições edafo-climáticas favoráveis para a produção em grande escala dessa cultura.

Considerando suas características de produção, verifica-se que a cana energia possui um sistema radicular extremamente vigoroso, eficiente na absorção de água e nutrientes do solo, permitindo o seu cultivo em diversas áreas de plantio, inclusive em regiões pouco exploradas para cultivo. Seus rizomas contribuem para maior perfilhamento, consequentemente maior número de colmos por touceira e melhor rebrota de soqueira, permitindo maior produtividade e longevidade do canavial (JOHNSON et. al, 2007).

Com todas essas características a cana energia passa a ser a matéria prima de menor custo de produção de massa seca por área, podendo ocupar uma área de 2,0 a 8,0 milhões de hectares de 32,3 milhões de hectares de áreas de produção agrícola marginal aptas para o seu cultivo. Seus híbridos apresentam grande potencial de produção de biomassa e massa seca a custos altamente competitivos com relação a cana-de-açúcar tradicional, apresentando maiores produtividades que outras culturas energéticas como o eucalipto e o capim-elefante (VIOLANTE, 2012).

Nesse panorama os programas de melhoramento genético de plantas de diversos países do mundo, inclusive o Brasil, estão a procura de clones de cana-de-açúcar com mais alta produção de fibras, Esses clones têm em geral, menor teor de sacarose e maior teor de fibras totais, porém, a alta produção de biomassa total é sempre o primeiro fator a ser considerado (ROSSETTO, 2012).

A Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), iniciou um programa de hibridação envolvendo acessos de *S. spontaneum*, *S. robustum*, cultivares República Brasil (RB) e cultivares de outros programas de melhoramento, visando o desenvolvimento de clones que apresentam

teor de fibra acima de 17% e com médias próximas de 13% de sacarose para o cultivo comercial, pois usinas ainda não estão preparadas para processar cana-de-açúcar com teor de fibra superior a 20% (SILVEIRA, 2015) (Figura 1.3).



**Figura 1.3** – Hibridação biparental realizada na RIDESA (Fotos: A.Freitas, Murici, Alagoas, 2017).

De forma geral os cruzamentos propõem-se a seleção de indivíduos superiores, devendo-se escolher genitores que já apresentem as características de interesse, com valores adequados, de modo que as populações obtidas tenham bom desempenho, e já tenham fixado estas características (CASTRO et. al, 2009).

Segundo Silveira (2015), para facilitar a seleção de indivíduos com maior produtividade e qualidade da biomassa, torna-se importante compreender a associação entre os caracteres dos componentes da produção, como peso médio de colmo, número médio de colmo, diâmetro médio de colmo e altura média de colmo, além dos componentes de qualidade, como os teores de fibra e lignina. A seleção de famílias com maiores teores de fibra pode não apresentar ganhos genéticos caso as médias para TCH dos seus descendentes sejam baixas. Portanto, a seleção das melhores famílias para obtenção da cana energia não deve ser realizada com base apenas no teor de fibra.

Visando contribuir para o melhor entendimento no processo de seleção e obtenção de variedades melhoradas para cana energia, considerando os caracteres de produção e os componentes de variação dos clones e famílias nas fases de seleção do Programa de Melhoramento Genético da Universidade Federal do

Paraná que compõem a RIDESA (Rede interuniversitária para o desenvolvimento do Setor Sucroenergético). O resultado deste trabalho é apresentado em dois artigos que compõem este documento, a saber:

- Desempenho de famílias e clones para cana energia nas fases iniciais de seleção clonal.
- Repetibilidade dos caracteres de produção de clones para cana energia.

## 1.1 REFERÊNCIAS

- CASTRO, H. S.; ANDRADE, L. A. B.; BOTREL, E. P.; EVANGELISTA, A. R. Rendimentos agrícola e forrageiro de três cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em diferentes épocas de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1336-1341, 2009.
- JOHNSON, J. M. F.; COLEMAN, M. D.; GESH, R.; JARADAT, A.; MITCHELL, R.; REICOSKY, D.; WILHELM, W. W. Biomass-bioenergy crops in the United States: a changing paradigm. **The American Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 1-28, 2007.
- KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 223-253, 1 jan. 2010.
- LUIZ, J. São Paulo ganha a primeira fábrica no mundo a fazer matéria-prima para papel a partir da palha da cana. **Rural Pecuária**, *online*. 2017. 1 fotografia: color.
- RAMOS, R. S.; BRASILEIRO, B. P.; SILVEIRA, L. C. I.; KIST, V.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Selection of parents, families and clones to obtain energy cane. **Agronomy Journal**, v.109, p.1-7, 2017.
- ROSSETO, R. A. bioenergia, a cana energia e outras culturas energéticas. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 1, Jan-Jun 2012.
- SANTOS, J. R. A.; GOUVEIA, E. R. Produção de bioetanol de bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.27-33, 2009.
- SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. A.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.
- SILVA, N. L. C. **Produção de bioetanol de segunda geração a partir de biomassa residual da indústria de celulose**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de

Porcessos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

SILVEIRA, L. C. I.; BRASILEIRO, B. P.; KIST, V.; DAROS, E.; PETERNELLI, L. A. Genetic diversity and coefficient of kinship among potential genitors for obtaining cultivars of energy cane. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 358-368, 2015.

VIANA, P. Agricultores afetados pela seca vão receber 9.200 toneladas de bagaço de cana. **Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária, Pesca e Aquicultura - SEAGRI**, *online*. 2015. 1 fotografia: color.

VIOLANTE, M. H. S. R. **Potencial de produção de cana-energia em áreas agrícolas marginais no Brasil**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

## 2 DESEMPENHO DE FAMÍLIAS E CLONES PARA CANA ENERGIA NAS FASES INICIAIS DE SELEÇÃO CLONAL

### RESUMO

O melhoramento genético de plantas contribui diretamente com o aumento da produtividade agrícola, disponibilizando variedades com alta qualidade de produção, pois englobam diversas técnicas como o estudo de famílias, diferentes métodos de seleção, entre outras estratégias e recursos para que avanços sejam incorporados a uma espécie. A fim de contribuir com as atividades de pesquisas, recursos genéticos e métodos de melhoramento para a obtenção de cana energia com elevado potencial produtivo, o objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de famílias e de clones de cana-de-açúcar nas fases T2 e T3 do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar da Universidade Federal do Paraná, pertencente à Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), considerando parâmetros genéticos e ambientais como a herdabilidade, variação ambiental e variabilidade genética. Os clones com maiores potenciais para cana energia, com elevados teores de TFH e TCH foram selecionados e deram origem aos ensaios da fase T3, nos quais também foram realizadas avaliações e seleção dos melhores clones para cana energia. Os caracteres avaliados nos clones em todos os ensaios foram: teor de fibra (FIB), teor de sacarose aparente (PC), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de fibra por hectare (TFH) e tonelada de sacarose por hectare (TPH). As maiores herdabilidades foram dos caracteres PC e TPH na fase T2, seguido do FIB e TFH também na fase T2. Os caracteres com as menores herdabilidades foram TCH, TPH e TFH na fase T3, com valores menores que 0,1, indicando um elevado efeito ambiental principalmente na produtividade de colmos por hectare, tendo em vista que os caracteres PC e FIB apresentaram maiores herdabilidades na terceira fase de teste e com valores próximos ao T2. Identificaram-se as melhores famílias de cana energia, destacando o desempenho das famílias que envolveram em seus cruzamentos as cultivares comerciais RB867515 e RB92579 e as cultivares IM76-229 e IM76-228 de *Saccharum robustum*. Os clones PRBIO130, PRBIO231, PRBIO136, PRBIO20 apresentaram médias de teor de fibra acima de 19,5%. Quanto aos caracteres de produção, destacaram-se os clones PRBIO221, PRBIO137, PRBIO215, PRBIO64 e PRBIO212, com médias acima de 140 toneladas de colmos por hectare (TCH), sendo que o clone PRBIO221 apresentou a maior média, 148 toneladas de colmo por hectare. Os clones PRBIO137, PRBIO53, PRBIO143 e PRBIO130 apresentaram médias acima de 24 toneladas de fibra por hectare (TFH).

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., Herdabilidade, Fitomelhoramento, Bioenergia.

## Performance of families and clones for energy-cane in early clonal selection stages

### ABSTRACT

The genetic improvement of plants contributes directly to the increase of agricultural productivity, providing cultivars with high quality of production, since they include diverse techniques such as the study of families, different selection methods, among other strategies and resources so that advances are incorporated into a species. Aiming to contribute to the research activities, genetic resources and breeding methods to obtain energy cane with high productive potential, the objective of this study was to evaluate the performance of sugarcane families and clones in the T2 and T3 phases of the Sugarcane Genetic Improvement Program of the Federal University of Paraná, belonging to the Interuniversity Network for the Development of the Sugar-Energy Sector (RIDESA), considering genetic and environmental parameters such as heritability, environmental variation and genetic variability. Clones with higher potential for energy cane, with high levels of TFH and TCH were selected and gave rise to the T3 phase trials, in which evaluations and selection of the best clones for sugar cane were also performed. The characters evaluated in clones in all trials were: fiber (FIB), apparent sucrose content (PC), ton of cane per hectare (TCH), hectare per ton of fiber (TFH) and ton sucrose per hectare (TPH). The highest heritability were the PC and TPH characters in T2 stage, followed by FIB and TFH also in phase T2. The characters with the lowest heritabilities were TCH, TPH and TFH in phase T3, with values lower than 0.1, indicating a high environmental effect, mainly in the yield of stalks per hectare, considering that the characters PC and FIB presented higher heritabilities in the third test phase and values close to T2. The best families of energy cane were identified, highlighting the performance of the families that involved the the commercial cultivars RB867515 and RB92579 and the cultivars IM76-229 and IM76-228 of *Saccharum robustum*. The PRBIO4, PRBIO18 and PRBIO110 clones presented sucrose contents above 12%. The genotypes PRBIO130, PRBIO231, PRBIO136, PRBIO20 showed a mean fiber content above 19.5%. The PRBIO221, PRBIO137, PRBIO215, PRBIO64 and PRBIO212 genotypes stood out, with averages above 140 tons of stems per hectare (TCH), and the PRBIO221 genotype showed the most productive average with 148 tons of stalk per hectare. The genotypes PRBIO137, PRBIO53, PRBIO143 and PRBIO130 showed averages above 24 tons of fiber per hectare (TFH).

**Keywords:** *Saccharum* spp., Heritability, Plant Breeding, Bioenergy .

## 2.1 INTRODUÇÃO



Com a preocupação sobre as questões ambientais a cana-de-açúcar destaca-se na fabricação de etanol, além de ser considerada uma importante fonte energética pelo grande potencial de produção de energia elétrica a partir do aproveitamento da biomassa (GOES et al., 2008). Surge então a necessidade de desenvolver variedades de cana-de-açúcar com maior capacidade de produção de biomassa e elevado teor de fibra. Essas novas variedades denominadas de cana energia podem disponibilizar maiores quantidades de fibra presentes na palha e no bagaço, ser aproveitadas para a produção de etanol de segunda geração, além de incrementar significativamente a cogeração de energia (YANG et al., 2006).

As unidades produtoras de álcool e açúcar precisam se adaptar às novas possibilidades de produção com a utilização de cultivares com maior teor de fibra. Isso deve ocorrer de forma gradativa. Nesse panorama, são imprescindíveis investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica, as quais contribuem com a missão de produzir energia limpa de forma sustentável (TEIXEIRA E CARNEIRO, 2013).

O desenvolvimento tecnológico do setor sucroenergético depende principalmente dos avanços dos programas de melhoramento genético que representa consideravelmente a capacidade tecnológica em explorar o máximo do potencial das cultivares de cana-de-açúcar. Podendo disponibilizar cultivares mais produtivas, responsivas à utilização de insumos agrícolas, resistentes a pragas e doenças, mais adaptáveis e tolerantes às mudanças climáticas, ao estresse hídrico, ao frio, a diversidade ambiental, plantio e colheita mecanizada (SILVA et al., 2002).

Para o sucesso dos programas de melhoramento genético no desenvolvimento da cana energia é imprescindível a continuidade nas pesquisas, considerando as limitações que aos poucos tem sido superada, como a redução do tempo de colocação de uma cultivar no mercado, conhecimento sobre a complexidade genética da planta, instalação de experimentos com boa precisão, escolha correta dos caracteres e épocas de avaliação, assim como a escolha correta dos genitores (ANDRÉ et al., 2010). Para Landell et al. (2005), é fundamental a habilidade e eficiência do melhorista em conduzir todas as etapas desse longo processo, desde o planejamento da hibridação, passando pelas etapas de seleção, até os ensaios de competição em diferentes locais e épocas de colheita.

Segundo Silveira et al. (2015), os programas de melhoramento genético, além de desenvolverem cultivares para maior produção de açúcar e etanol, tendem a



diponibilizar cultivares com maior teor de fibra e elevada produção de biomassa. Para ele o sucesso na obtenção de cultivares de cana energia está relacionado com a necessidade de realizar o melhoramento das populações a partir de hibridações entre os melhores genitores e a seleção dos melhores genitores é recomendada com base na avaliação do desempenho de suas progênes. Ou seja, os cruzamentos devem ser planejados a fim de aumentar a probabilidade de seleção de genótipos que poderão ser liberados como cultivares comerciais futuramente (OLIVEIRA, 2005).

Uma estratégia importante em desenvolvimento para auxiliar na eficácia da seleção de progênes e genitores é o estudo de família. De acordo Matsuoka et al. (2005), conforme citado por Xavier et al. (2014) “a herdabilidade entre famílias é superior àquela entre plantas individuais”. Porém, selecionar famílias sem considerar a variância genética dentro de cada cruzamento poderá descartar indivíduos superiores em populações com médias inferiores, mas com ampla variabilidade (MORAES et al., 2010).

Segundo Oliveira et al. (2008) a seleção de famílias por meio de modelos mistos REMLP/BLUP, que permite estimar os parâmetros genéticos e predizer valores aditivos e genotípicos, pode ser uma estratégia importante para identificar famílias com elevados valores genotípicos, possibilitando maior probabilidade de seleção de clones potenciais. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho das famílias e progênes nas primeiras fases de seleção clonal, T2 e T3 do programa de melhoramento genético para cana energia, identificando os clones e as famílias com maiores potenciais produtivos.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 LOCAIS DE ESTUDO**

Os experimentos foram instalados em dois locais distintos, sendo duas Unidades Experimentais alocadas na Estação Experimental de Paranavaí da Universidade Federal do Paraná / RIDESA, e uma Unidade Experimental alocada na Usina Alto Alegre no município de Santo Inácio (Tabela 2.1, Figura 2.1).

**Tabela 2.1** – Unidades Experimentais (UE) onde foram conduzidos os experimentos para a avaliação e seleção de clones de cana energia (Paraná, 2019).

UE	FS	Município	Latitude	Longitude	Altitude
01	T2	Paranavaí	22°58'44"S	52°27'52"W	503 m
02	T3				
03	T3	Santo Inácio	22°39'9"S	51°46'44"W	370m

FS = fases de seleção, T2 = fase de seleção 2, T3 = fase de seleção 3.

Conforme a classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007), o clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido, mesotérmico), apresentando temperatura média do mês mais quente acima de 22°C e do mês mais frio abaixo de 18°C, sem estação de seca definida, com verões quentes e baixa frequência de geadas. Na Estação Experimental, a topografia é caracterizada por relevo suave ondulado com solos do tipo LVD (Latosolos Vermelhos Distróficos) de baixa saturação por bases ( $V < 50\%$ ) nos primeiros 100 cm do horizonte B (SILVEIRA, 2015); na Usina Alto Alegre, os solos são dos tipos LVD e PVD (Argissolos Vermelhos Distróficos) (CAMOLEZI E VOLKMER, 2011).

## 2.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O ensaio T2 foi plantado no delineamento em blocos aumentados. Cada parcela foi constituída por dois sulcos de cinco metros de comprimento, espaçados entre 1,50 m. Foram realizadas avaliações no ciclo de cana planta e cana soca. Os dados de cana planta foram coletados em julho de 2015, onze meses após o plantio, e de cana soca em julho de 2016. Os clones com características desejáveis para cana energia foram selecionados no ciclo de cana planta do ensaio T2 e deram origem aos ensaios T3.

Os campos do ensaio da fase T3 foram plantados em dois ambientes, ambos com duas repetições e no delineamento em blocos aumentados. As parcelas dos ensaios da fase T3 possuíram as mesmas dimensões adotadas no T2. Foram realizadas avaliações no ciclo de cana planta e cana soca, com dados coletados em julho de 2016, doze meses após o plantio e em junho de 2017. Para o plantio realizado nas duas fases foram utilizadas 18 gemas por metro.

### 2.2.3 AVALIAÇÃO DOS CLONES

Foram avaliados 215 clones pertencentes a 36 famílias na fase T2 e 70 clones de 27 famílias na fase T3. Os caracteres avaliados nos clones em todos os ensaios foram: número de colmos por parcela (NC); peso médio de colmo (PMC) estimado com a pesagem de 10 colmos por parcela; teor de fibra em percentagem (FIB) e teor de sacarose aparente (PC).

Os teores de fibra e sacarose aparente foram obtidos a partir das análises tecnológicas realizadas em amostras de 500g obtidas com a moagem de 10 canas de duas repetições por clone. A partir disto, obtêm-se a quantificação de tonelada de colmos por hectare com palha (TCH), obtida pela fórmula:

$$TCH = \frac{(NC \times PMC \times 10)}{AP}$$

sendo AP a área da parcela em m<sup>2</sup>, e 10 a constante usada para conversão do peso da parcela em toneladas por hectare.

A partir das médias do teor de fibra (FIB), do teor de sacarose aparente (PC) e da tonelada de colmo por hectare, estima-se a tonelada de fibra por hectare (TFH) e a tonelada de sacarose por hectare (TPH) pelas fórmulas:

$$TFH = \frac{(TCH \times FIB)}{100} \qquad TPH = \frac{(TCH \times PC)}{100}$$

Para a análise dos dados, foi usado o modelo estatístico conforme descrito por Resende (2007), representado pela fórmula:

$$y = Xr + Zf + Wb + Sc + e$$

Sendo:

$y$  = vetor de dados;

$r$  = vetor dos efeitos fixos (repetição, local) somados à média geral;

$f$  = vetor dos efeitos de famílias de irmãos germanos;

$b$  = vetor dos efeitos de blocos incompletos;

$c$  = vetor dos efeitos de clone dentro de família de irmãos completos;

$e$  = vetor de erros ou resíduos (todos aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. As análises de modelos mistos REML/BLUP foram realizadas por meio do software SELEGEN (Resende 2007).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros genéticos e ambientais estimados via REML/BLUP (modelos mistos), na avaliação dos clones e famílias nas duas primeiras fases de teste (T2 e T3) do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2** – Parâmetros genéticos estimados em clones e famílias na segunda e terceira fase de teste (T2 e T3) do programa de melhoramento genético da cana energia da Universidade Federal do Paraná (Paraná, 2018).

Parâmetros	Caracteres									
	PC		FIB		TCH		TPH		TFH	
	T2	T3	T2	T3	T2	T3	T2	T3	T2	T3
Vfam	2.3050	2.2233	1.0919	3.0127	226.8699	79.6256	10.8704	2.8964	6.6891	3.9526
Vbloc	0.0532	0.0102	0.1355	0.1482	16.5377	38.9123	0.0660	0.1735	0.0400	1.0405
Vclon/fam	0.8812	0.7869	0.7533	1.5555	304.0024	45.6485	4.7172	1.9142	6.9195	4.3257
Ve	2.0984	3.9919	1.3934	7.7402	1076.0842	1012.2794	15.3813	28.2072	22.1555	38.6222
Vf	5.3378	7.0124	3.3740	12.4565	1623.4941	1176.4658	31.0349	33.1913	35.8040	47.9410
h <sup>2</sup> fam	0.4318	0.3171	0.3236	0.2419	0.1397	0.0677	0.3503	0.0873	0.1868	0.0824
h <sup>2</sup> g	0.5969	0.4293	0.5469	0.3667	0.3270	0.1065	0.5023	0.1449	0.3801	0.1727
Acurácia	0.7726	0.6552	0.7395	0.6056	0.5718	0.3263	0.7087	0.3807	0.6165	0.4155
CV%	15.1445	21.6764	8.1031	15.4411	24.1786	28.9880	29.6106	50.8894	23.6966	31.8140
Média Geral	9.5650	9.2173	14.5673	18.0176	135.6725	109.7570	13.2449	10.4364	19.8634	19.5344

Vfam = variância das famílias, Vbloc = variância dos blocos, Vclon/fam = variância dos clones por família, Ve = Variância ambiental, Vf = variância fenotípica individual, h<sup>2</sup>fam = herdabilidade da família no sentido amplo, h<sup>2</sup>g = herdabilidade individual no sentido amplo, CV = coeficiente de variação experimental (%), PC = teor de sacarose aparente (%), FIB = teor de fibra (%), TCH = tonelada de cana por hectare, TPH = tonelada de sacarose por hectare e TFH = tonelada de fibra por hectare.

As maiores herdabilidades dos efeitos das famílias de irmãos completos (h<sup>2</sup>fam) foram dos caracteres PC e TPH na fase T2, seguido do FIB e TFH também na fase T2, Os caracteres com as menores herdabilidades foram TCH, TPH e TFH na fase T3, com valores menores que 0,1, indicando um elevado efeito ambiental, principalmente na produtividade de colmos por hectare, tendo em vista que os caracteres de qualidade (PC e FIB) apresentaram maiores herdabilidades na terceira fase de teste e com valores próximos ao T2.

Na fase T2 foram avaliados 215 clones em 36 famílias, média de 5,97 clones por família, sendo que em 25% delas foram avaliados apenas 1 clone. Na fase T3 foram avaliados 70 clones em 27 famílias, ou seja, em média 2,59 clones por família, com 37% delas sendo representadas por apenas 1 clone.

Silveira et al. (2016) ao avaliarem as mesmas famílias durante a primeira fase de teste (T1), obtiveram herdabilidades superiores para todos os caracteres e também observaram maiores herdabilidades para os caracteres de qualidade.

Os menores valores de herdabilidade nas fases T2 e T3 quando comparado com os obtidos por Silveira et al. (2016) é devido ao reduzido número de clones e repetições durante as fases T2 e T3. Na fase T1 os caracteres foram avaliados a partir das médias de parcela, que foram compostas por 20 indivíduos, tendo de 2 a 5 repetições por família, enquanto que nas fases T2 e T3 houve um menor número de famílias e menor representatividade das mesmas.

Os valores de herdabilidade individual no sentido amplo ( $h^2_g$ ), ou seja, dos efeitos genotípicos totais, foram superiores as herdabilidades a nível de família, sendo que a fase T2 apresentou as maiores acurácias na seleção clonal para todos os caracteres, isso ocorreu possivelmente devido a maior variabilidade genética e precisão experimental presente na população da fase T2, que apresentou menores CV% para todos os caracteres.

As acurácias na seleção clonal para os caracteres PC, FIB e TPH (acurácia  $\geq 0,70$ ) indicam uma condição favorável para a obtenção de ganhos genéticos na fase T2, esse resultado está de acordo com os obtidos por Ramos et al. (2017) e Fernandes Júnior (2017) ao avaliarem clones de cana energia, esses autores também observaram maiores herdabilidades e acurácias para os caracteres de qualidade, tais como, os teores de fibra e sacarose aparente.

Segundo Fernandes Júnior (2017) quando os valores de herdabilidade e acurácia são elevados, reflete considerável presença do componente genético na expressão dos caracteres e evidencia a precisão na predição das médias genotípicas, indicando a eficiência da seleção de famílias de cana-de-açúcar e de cana energia para os caracteres tecnológicos e de produção.

A baixa coincidência entre as melhores famílias no T2 e T3 para os caracteres de produção está relacionado ao elevado efeito ambiental sobre a produtividade de colmos por hectare. Para Barbosa et al. (2004), identificar um caractere de seleção de baixa herdabilidade individual, como nesse caso, a produção em tonelada de

cana por hectare (TCH), é relevante para um programa de melhoramento genético, pois auxilia na identificação de famílias e futuros clones com elevado potencial produtivo. A seleção torna-se um processo mais efetivo, pois num estudo de famílias, uma grande porcentagem da variação fenotípica destes caracteres, podem ser explicados devido aos fatores genéticos (BRESSIANI, 2001).

Na Tabela 2.3 apresentam-se as famílias que apresentaram os maiores valores genotípicos dos caracteres de produção e qualidade nas fases T2 e T3 de seleção do programa de melhoramento genético para cana energia da Universidade Federal do Paraná.

**Tabela 2.3** – Médias genotípicas dos caracteres de qualidade e produção de 27 famílias avaliadas nas duas fases de teste (T2 e T3) do programa de melhoramento genético da cana energia da Universidade Federal do Paraná (Paraná, 2018).

Família		Caracteres									
		PC		FIB		TCH		TPH		TFH	
		T2	T3	T2	T3	T2	T3	T2	T3	T2	T3
RB92579	IM76-229	8.97	9.15	14.8	19.1	163.2	125.5	15.5	11.8	24.9	22.7
IM76-228	RB867515	9.02	8.79	15.9	20.3	135.1	112.2	12.5	10	21.6	21.6
RB83102	IM76-229	9.67	8.59	15.2	19.5	136.9	114.9	13.2	10.6	20.8	21.4
RB867515	IM76-228	9.4	9.04	15.1	18.1	153.9	119.5	15	11.2	23.4	20.9
RB01649	IN84-58	7.88	7.46	16.7	20.9	125.5	107.1	10.1	8.96	20.4	20.7
IAC87-3396	US85-1008	9.17	8.44	15	18.8	129.5	111.2	11.6	9.93	19.5	20.4
SP81-3250	JJ72293	10.2	9.35	15.2	20.6	134.2	108.1	13.4	10.4	20	20.4
RB011941	US85-1008	9.6	9.96	14.7	17.6	136.1	115.4	13.3	11.3	20.7	20.3
IM76-228	US85-1008	9.6	8.87	15.6	19.3	136.9	106.1	12.7	12.2	20.5	20.2
CTC9	UM69-001	10.6	9.97	14.2	18	136.1	113.2	15.1	11.3	20.3	20.2
RB93509	Co453	11.6	9.85	13.6	17.8	153.6	113.4	20.2	11.1	21.7	19.9
CB38-22	B70710	8.36	8.23	14.2	17.7	151.2	111.9	14.8	10.1	23.5	19.6
RB867515	US7614	9.63	9.76	15.1	17.9	136	109.3	13.3	10.4	20.8	19.5
RB93509	B70710	7.88	9.19	13.2	16.4	119.3	112.6	9.4	10.7	16.4	19.4
RB946022	RB92579	12.6	12.4	13.2	16.1	154.2	116.1	21	13.8	21.2	19.2
RB867515	US85-1008	10.3	9.97	14.4	18.1	137	108.9	13	10.8	18.6	19.2
RB93509	Co285	10.5	9.8	13.8	17.6	125.2	109	12.8	10.5	16.9	19.1
CP691052	US4125	9.63	9.8	14.2	17	151	111	16.5	10.8	22.2	19
RB93509	KRAKATAU	6.45	7.27	15.9	19.9	117.6	100.1	7.49	8.29	18.5	18.8
Co453	IAC50/134	12.3	11.7	14.9	17.4	135.6	106.2	16.9	11	20.4	18.7
B70710	RB72910	8.54	7.04	13.7	17.6	137.7	106.3	11.9	8.49	18.5	18.6
F150	IN84-68	8.33	8.63	15.9	18.5	118	105.6	9.28	9.65	18	18.5
B70710	RB93509	8.67	7.43	13.3	16.1	132.8	110.5	11.8	9.16	18.7	18.4
MEX68-200	RB040823	10.4	9.88	14.1	17.2	135.8	104	14.1	10.2	19.5	18.1
B76734	RB937570	11	10.8	14.3	17.1	133.6	102	14.3	9.98	19.2	17.8
RB937570	B70710	8.07	7.67	13.7	16.1	145.3	105.2	13.2	9.33	20.4	17.7
Co62175	IAN48-21	10.6	9.83	13.2	15.6	134	98.18	14.2	9.61	17.4	16.9

PC = teor de sacarose aparente (%), FIB = teor de fibra (%), TCH = tonelada de cana por hectare, TPH = tonelada de sacarose por hectare e TFH = tonelada de fibra por hectare.





Clones	Caracteres					
	NCM	PC	FIB	TCH	TPH	TFH
PRBIO132	22.9793	9.9309	17.9274	120.8463	11.2296	20.3369
PRBIO133	12.4889	9.6573	14.0044	127.0345	12.0928	18.1320
PRBIO134	17.8193	8.0128	17.4464	137.3990	11.5254	23.2527
PRBIO136	19.4170	6.7601	19.5684	112.6920	8.1481	19.2211
PRBIO137	22.6519	8.7692	18.4023	146.2012	13.5888	26.2410
PRBIO138	10.7021	11.7087	13.9420	121.5171	12.8857	17.5408
PRBIO14	17.8194	9.0580	17.3978	132.0338	12.0114	21.4664
PRBIO143	19.1378	9.0583	19.3115	133.7204	12.0980	24.4677
PRBIO146	19.5599	9.3464	15.8730	128.4845	11.6117	20.0720
PRBIO147	20.9124	10.1037	15.9364	136.7156	13.8292	22.5028
PRBIO150	15.8982	9.7642	15.7044	129.0320	12.4791	19.7907
PRBIO152	19.3665	8.8755	17.3416	122.4423	10.6019	20.3459
PRBIO158	16.2608	9.5735	17.5501	132.2642	13.0509	21.8384
PRBIO162	27.2141	8.7726	19.3597	123.4533	11.0616	21.3973
PRBIO163	13.2278	8.1006	14.1620	128.3830	10.5947	18.5412
PRBIO17	15.6063	7.7527	18.3908	126.1368	10.1647	21.8006
PRBIO172	13.1556	8.9853	17.4410	125.4742	11.3748	20.7149
PRBIO18	14.6991	12.4169	15.5153	115.8744	12.4857	17.6910
PRBIO182	8.7614	8.6745	12.8927	111.2575	10.3671	14.8702
PRBIO186	21.1721	7.2932	16.7664	122.1437	9.8030	19.9046
PRBIO199	20.3438	7.8001	17.1748	136.5326	11.2227	23.5397
PRBIO20	17.8909	7.8856	19.5015	114.8637	9.3072	20.3792
PRBIO202	15.1725	11.8420	15.1439	135.9699	15.5416	21.1034
PRBIO212	15.2712	9.6787	15.6081	140.8408	13.9844	22.4262
PRBIO213	12.6705	8.2280	14.2238	133.9224	11.9586	20.1255
PRBIO215	14.8959	7.8236	15.8333	142.8056	11.9521	23.0366
PRBIO22	21.6539	8.3315	17.5220	122.4560	11.0912	21.4142
PRBIO220	11.1905	11.4556	15.1409	117.3098	12.0463	17.9262
PRBIO221	17.0200	9.6943	15.4017	148.3810	15.4769	23.1585
PRBIO224	13.6338	10.3967	15.0914	122.5477	12.3377	18.4694
PRBIO225	14.1363	9.4621	15.0201	136.7445	13.2289	20.8183
PRBIO23	19.0554	7.1402	19.0501	114.6260	8.5104	19.9606
PRBIO230	16.6824	8.4820	17.4293	137.0197	12.2010	23.2990
PRBIO231	17.5647	9.3514	19.7942	122.4833	11.4406	21.8092
PRBIO232	11.4192	6.2752	14.1838	124.4176	8.6432	17.7753
PRBIO24	18.6277	8.3327	17.1283	116.6840	9.7876	18.5324
PRBIO25	17.6331	8.9980	16.8674	126.5235	11.4729	19.8821
PRBIO26	14.6303	7.4279	18.3205	120.5021	9.3384	20.4897
PRBIO27	11.9491	10.8486	15.2496	113.6594	11.0150	17.5764
PRBIO39	12.9198	10.6824	15.8438	129.2607	13.5266	20.9773
PRBIO40	14.7790	11.7121	14.8382	139.6161	16.5910	21.3762

*Continua...*



Clones	Caracteres					
	NCM	PC	FIB	TCH	TPH	TFH
PRBIO41	13.3980	12.7600	15.4460	128.5197	16.2408	20.7553
PRBIO44	14.2448	7.6616	14.7145	122.4536	9.6787	17.4152
PRBIO47	14.5586	10.2770	17.2456	132.1681	13.2536	22.5384
PRBIO51	19.1724	8.2046	17.1693	125.5833	10.5549	20.6691
PRBIO53	19.3194	8.9383	18.5720	138.7178	13.0909	24.6933
PRBIO54	21.6335	9.0658	16.8778	131.9801	12.4710	21.6846
PRBIO56	12.6758	8.7706	15.2923	134.8419	12.1317	20.7374
PRBIO58	16.1091	8.7762	16.8633	128.8554	11.4771	21.0173
PRBIO59	17.0287	8.0055	17.5479	133.2033	11.1523	22.7215
PRBIO6	19.3211	7.4758	17.7471	110.9895	9.3706	17.6226
PRBIO60	19.2485	10.4403	16.8922	125.9206	12.7319	20.4183
PRBIO61	16.8289	8.0491	17.1383	137.0464	11.9299	23.2505
PRBIO64	17.0524	8.0505	16.3722	142.6924	12.2094	23.2574
PRBIO7	17.6195	8.3780	17.9407	127.8960	10.9405	21.2013
PRBIO71	10.6210	8.9235	14.0028	123.8571	11.2166	17.9941
PRBIO75	16.2485	10.9627	16.7479	125.0123	13.1371	19.6833
PRBIO85	14.0212	8.2347	18.6458	127.1466	10.7671	22.4569
PRBIO86	16.9868	9.0819	18.5760	132.8549	12.4882	23.9032
PRBIO87	15.3676	9.2722	16.8440	136.3835	13.0069	23.1399
PRBIO89	15.9069	7.7781	16.5830	132.3447	11.0984	21.5588
PRBIO92	16.1147	9.7233	16.6505	131.8575	12.9936	21.6982
Média	16.5678	9.0839	16.6656	128.2545	11.7969	20.7929

NCM = número de colmo por metro, PC = teor de sacarose aparente (%), FIB = teor de fibra (%), TCH = tonelada de cana por hectare, TPH = tonelada de sacarose por hectare e TFH = tonelada de fibra por hectare.

Os clones com as maiores médias de PC a partir do delineamento em blocos aumentados com testemunha de efeito fixo foram PRBIO4, PRBIO18 e PRBIO110 com teores de sacarose acima de 12,0%. Para teor de fibra (FIB) as maiores médias foram para os genótipos PRBIO130, PRBIO231, PRBIO136, PRBIO20 com médias acima de 19,5% de fibra.

Para os caracteres de produtividade os destaques foram para os clones PRBIO221, PRBIO137, PRBIO215, PRBIO64, PRBIO212 com médias acima de 140 toneladas de colmos por hectare (TCH), sendo que o genótipo PRBIO221 apresentou a média mais produtiva com 148 toneladas de colmo por hectare. Os clones PRBIO137, PRBIO53, PRBIO143 e PRBIO130 apresentaram médias acima de 24 toneladas de fibra por hectare (TFH) e o clone PRBIO0137 apresentou a maior média com 26 toneladas de fibra por hectare.

Ramos et al. (2017) ao avaliar um experimento conduzido no Centro de Experimentação em Cana-de-Açúcar (CECA), localizado no município de Oratórios, Minas Gerais, Brasil, com uma população constituída por 124 clones de cana energia, cujos dados foram analisado via modelos mistos REML/BLUP considerando cana planta e soca, identificou-se clones com produção de tonelada de fibra por hectare (TFH) variando de 13,3 a 14,3 com média de 13,6, produtividade de tonelada de colmos por hectare (TCH) variando de 95,2 a 113,2 com média de 104,3. Além disso, teor de fibra (FIB) variou de 12,8% a 14,3% com média de 13,4% e teor de açúcares (PC) com média de 12,1%.

Segundo Tew e Cobill (2008) os teores de fibras encontrados nas cultivares atuais variam de 11% a 13% e cultivares de cana-de-açúcar com teores em torno de 17%, com 12% a 13% de açúcar são classificadas como cana do tipo 1.

## 2.4 CONCLUSÃO

Foi possível identificar os melhores clones e famílias para a cana energia nas fases T2 e T3 do programa de melhoramento genético, os melhores desempenhos foram dos clones oriundos dos cruzamentos envolvendo as variedades RB867515 e RB92579 com acessos de *Saccharum robustum*, a exemplo da IM76-229 e IM76-228.

## 2.5 REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R. G. B.; MENDONÇA, J. C.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; MARQUES, J. Aspectos Energéticos do Desenvolvimento da Cana-de-Açúcar. Parte 1: Balanço de Radiação e Parâmetros Derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n.3, p. 375 - 382, 2010.

BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A.; BRESSIANI, J. A.; SILVEIRA, L. C. I.; SILVA, F. L.; FIGUEIREDO, I. C. R. Use of REML/BLUP for the selection of sugarcane families specialized in biomass production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 218-226, 2004.

BRESSIANI, J. A. **Seleção seqüencial em cana-de-açúcar**. 159 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CAMOLEZI, B. A.; Volkmer, S. Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, estado do Paraná, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**. Número Especial EGAL. 2011, p. 1 -17.

CASTRO, A. M. C.; SANTOS, K. H.; MIGLIORANZA, E.; GOMES, C. J. A.; MARCHIONE, M. S. Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. **Agrarian**, Dourados, v.6, n.22, p.415-422, 2013.

FERNANDES JUNIOR, A. R.; AZEREDO, A. A. C.; OLIVEIRA, R. A.; BESPALHOK, F. J. C.; IDO, O. T.; DAROS, E.; BRASILEIRO, B. P. Agricultural performance and genetic parameters for yield-related traits of sugar- and energy cane families derived from planned crosses. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-11, 2017.

GOES, T.; MARRA, R.; SOUZA E SILVA, G. Setor sucroalcooleiro no Brasil: Situação atual e perspectivas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, Ano XVII, n. 02, p. 39-51, 2008.

LANDELL, M. G. A.; PINTO, L. R.; CRESTE, S.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; VASCONCELOS, A. C. M.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; SILVA, M. A. Seleção de novas variedades de cana-de-açúcar e seu manejo de produção. **Encarte de informações agronômicas**, n. 110, p. 18-24, jun. 2005.

MORAES, M. F.; BASTOS G. Q.; FILHO, C. J. A.; MELO, L. J. O. T.; REIS, O. V. Avaliação agroindustrial e parâmetros genético de progênies de cana-de-açúcar em fase inicial na zona canavieira do litoral norte de Pernambuco. **Ciência Agrotecnologia**, v. 34, p. 1086-1092, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000500002>

OLIVEIRA, R. A. et. al. Seleção de famílias de cana-de-açúcar via modelos mistos.

**Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 269 – 274, 2008.

OLIVEIRA, R. A. et. Al. Genotypic evaluation and selection of sugarcane clones in three environments in the State of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 426 -434, 2005.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 11, p. 1633-1644, 2007. Disponível em: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

RAMOS, R. S.; BRASILEIRO, B. P; SILVEIRA, L. C. I.; KIST, V.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Selection of parents, families and clones to obtain energy cane. **Agronomy Journal**, v.109, p.1-7, 2017.

RESENDE, M. D. V.; **Software SELEGEN-REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada Via Modelos Lineares Mistos**. Embrapa Florestas, Colombo, 2007.

SILVA, M. A.; GONÇALVES, P. S.; LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, A. J. Estimates of parameters and expected gains from selection of yield traits in sugarcane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, p. 569 - 578, 2002.

SILVEIRA, L. C. I.; BRASILEIRO, B. P.; KIST, V.; WEBER, H., DAROS, E.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Selection in energy cane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 298-306, 2016.

SILVEIRA, L. C. I.; BRASILEIRO, B. P.; KIST, V.; DAROS, E.; PETERNELLI, L. A. Genetic diversity and coefficient of kinship among potential genitors for obtaining cultivars of energy cane, **Ciência Agronômica** v. 46, p 358-368 2015.

TEIXEIRA, L. P. B.; CARNEIRO, R. A. F. Bioetanol: novos rumos e os desafios de sua regulação. **Bioenergia em Revista: Diálogo**, n. 1, p. 59-72, 2013.

TEW, T. L.; COBILL, R. M. Genetic Improvement of Sugarcane (*Saccharum* spp.) as an Energy Crop. In: VERMERRIS, W. **Genetic Improvement of Bioenergy Crops**. Springer, New York, 2008. cap. 9, p. 273-294.

YANG, Z.; Khoury, C.; Jean-Baptiste, G.; Greenwood, M. T. Identification of mouse sphingomyelin synthase 1 as a suppressor of Bax-mediated cell death in yeast. **FEMS Yeast**. v. 6, 751–762, 2006.

XAVIER, M. A.; Perecin, D.; Alvim, K. R. T.; Landel, M. G. A.; Arantes, F. C. Selecting families and full-sib progenies of sugarcane for technological attributes and production by the method of REML/BLUP, **Bragantia**. v. 73 n. 3 Campinas, 2014 <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0193>

### 3 REPETIBILIDADE DOS CARACTERES DE PRODUÇÃO DE CLONES PARA CANA ENERGIA

#### RESUMO

O melhoramento genético para a obtenção de variedades de cana energia tem sido um recurso fundamental, uma vez que objetiva diminuir o tempo e consequentemente o custo para disponibilizar novas variedades para o setor sucroenergético. Visando contribuir para evolução das pesquisas relacionadas ao estudo de famílias de cana-de-açúcar para cana energia otimizando as etapas de seleção durante as fases iniciais de testes dos programas de melhoramento genético, o objetivo deste trabalho foi obter as estimativas dos coeficientes de repetibilidade das características de PC, FIB, TCH, TPH e TFH e determinar o número de medições necessárias capaz de proporcionar predição mais acurada do valor real dos clones. Os caracteres avaliados nos clones em todos os ensaios foram: teor de fibra (FIB), teor de sacarose aparente (PC), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de fibra por hectare (TFH) e tonelada de sacarose por hectare (TPH). Foram usados dois modelos estatísticos para a análise dos dados, o Modelo Básico de Repetibilidade sem Delineamento (Modelo 1) e com Delineamento em Blocos Aumentados com Testemunha de Efeito Fixo (Modelo 2). Os valores dos coeficientes de repetibilidade individual em ambos os modelos foram abaixo de 0,5 para todos os caracteres avaliados, porém, os valores dos coeficientes de repetibilidade da média das medidas repetidas ou seja, do número de colheitas (corte e locais) foram mais altos para NCM, FIB, PC, TCH, TPH e TFH que apresentaram valores de 0,87, 0,68, 0,74, 0,45, 0,55 e 0,54, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., Acurácia seletiva, Biomassa, Fitomelhoramento.

#### Repeatability of characters production for energy-cane clones

#### ABSTRACT

Genetic improvement for obtaining sugar cane varieties has been a fundamental resource, since it aims to reduce the time and consequently the cost to make new varieties available to the sugar-energy sector. Aiming to contribute to the evolution of research related to the study of sugarcane families for energy cane by optimizing the selection stages during the initial stages of testing of breeding programs, the objective of this work was to obtain estimates of the repeatability coefficients of the PC, FIB, TCH, TPH and TFH characteristics and determine the number of measurements needed to provide a more accurate prediction of the actual clone value. The characters evaluated in the clones in all assays were: fiber content (FIB), apparent sucrose content (PC), sugarcane tonne per hectare (TCH), fiber tonne per

hectare (TFH) and tonne sucrose per hectare (TPH). Two statistical models were used for data analysis, the Basic Repeatability Model without Design (Model 1) and with Augmented Block Design with Fixed Effect Witness (Model 2). The values of individual repeatability coefficients in both models were below 0.5 for all evaluated characters, however, the values of repeatability coefficients of the mean of repeated measures ie the number of harvests (cut and places) were higher. high values for NCM, FIB, PC, TCH, TPH and TFH, which presented values of 0.87, 0.68, 0.74, 0.45, 0.55 and 0.54, respectively..

**Keywords:** *Saccharum* spp., Selection accuracy, Biomass, Plant Breeding.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Com a crise do petróleo e a preocupação com as questões ambientais a cana-de-açúcar passa a ser destaque na fabricação de etanol, além da condição de importante fonte energética pelo grande potencial de produção de energia elétrica a partir do aproveitamento da biomassa (GOES et al., 2008). Surge então a necessidade de desenvolver variedades de cana-de-açúcar com maior capacidade de produção de biomassa e elevado teor de fibra. Essas novas variedades denominadas de cana energia poderão disponibilizar maiores quantidades de energia, presentes na palha e no bagaço. Portanto, permitem melhor aproveitamento da celulose e hemicelulose para a produção de etanol de segunda geração e podem incrementar significativamente a cogeração de energia (YANG et al., 2006).

As unidades produtoras de álcool e açúcar ainda precisam se adaptar às novas possibilidades de produção com a utilização de variedades com maior teor de fibra. Isso deve ocorrer de forma gradativa. Nesse panorama, são imprescindíveis investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica, as quais contribuem com a missão de produzir energia limpa de forma sustentável (TEIXEIRA E CARNEIRO, 2013). A qualidade das variedades torna-se essencial para atingir o sucesso de um empreendimento, sendo considerada a tecnologia mais importante e de menor custo do ponto de vista do produtor (BARBOSA E SILVEIRA, 2012 ).

O desenvolvimento do setor sucroenergético depende principalmente dos avanços dos programas de melhoramento genético que representa consideravelmente a capacidade tecnológica em explorar o máximo do potencial das variedades de cana-de-açúcar. Podendo disponibilizar variedades mais produtivas,

responsivas à utilização de insumos agrícolas, resistentes a pragas e doenças, mais adaptáveis e tolerantes às mudanças climáticas, ao estresse hídrico, ao frio, a diversidade ambiental, plantio e colheita mecanizada (SILVA et al., 2002).

Para o sucesso dos programas de melhoramento genético no desenvolvimento da cana energia é fundamental a continuidade nas pesquisas, considerando as limitações que aos poucos tem sido superada, como a redução do tempo de colocação de uma nova variedade no mercado, conhecimento sobre a complexidade genética da planta, instalação de experimentos com boa precisão, escolha correta dos caracteres e épocas de avaliação, assim como a escolha correta dos genitores (ANDRÉ et al., 2010).

A determinação do número de avaliações necessárias para a realização da seleção com boa precisão ou confiabilidade é uma decisão muito importante. Para isso é necessário conduzir os ensaios visando à melhoria do controle ambiental a fim de maximizar as estimativas de repetibilidade, sendo possível determinar quantos cortes ou qual o período de tempo o genótipo deve ser avaliado até a realização da seleção, em todas as etapas dos programas de melhoramento genético (SOUZA-SOBRINHO et al., 2004).

A repetibilidade se refere à variabilidade característica do instrumento de medição, e decorre da sua capacidade de fornecer observações ou leituras repetidas muito próximas, sob as mesmas condições. Dados confiáveis ocorrem quando uma observação da característica de interesse não é dada por um valor individual, mas por uma coleção de dados. Uma análise apropriada deve considerar conjuntamente todos os pontos (PEDOTT et al., 2013). O coeficiente de repetibilidade dos caracteres em análise possibilita estabelecer o número de avaliações que devem ser realizadas nos indivíduos, indicando na seleção quantas observações fenotípicas são suficientes (FERREIRA et al., 1999; CRUZ E REGAZZI, 2001).

Segundo Ferreira (2005) realizar muitas colheitas nos experimentos não é vantajoso, observando os aspectos práticos e econômicos, pois em alguns casos, poucas avaliações podem ser suficientes para a estimação das médias genotípicas dos indivíduos. Diante disso o objetivo desse trabalho foi avaliar a repetibilidade dos caracteres de qualidade e produção em clones de cana energia nas primeiras fases de seleção clonal.



## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 LOCAIS DE ESTUDO

Os experimentos foram instalados em dois localidades do estado do Paraná, Brasil, na Estação Experimental de Paranavaí pertencente a Universidade Federal do Paraná/RIDESA, localizada no município de Paranavaí e na Usina Alto Alegre, localizada no município de Santo Inácio (Tabela 3.1, Figura 3.1).

Conforme a classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007), o clima da é do tipo Cfa (subtropical úmido, mesotérmico), apresentando temperatura média do mês mais quente acima de 22°C e do mês mais frio abaixo de 18°C, sem estação de seca definida, com verões quentes e baixa frequência de geadas. Na Estação Experimental, a topografia é caracterizada por relevo suave ondulado com solos do tipo LVD (Latosolos Vermelhos Distróficos) de baixa saturação por bases ( $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (SILVEIRA, 2015); na Usina Alto Alegre, os solos são dos tipos LVD e PVD (Argissolos Vermelhos Distróficos) (CAMOLEZI E VOLKMER, 2011).

**Tabela 3.1** – Unidades Experimentais (UE) onde foram conduzidos os experimentos para a avaliação e seleção de clones de cana energia (Paraná, 2019).

UE	FS	Município	Latitude	Longitude	Altitude
01	T2	Paranavaí	22°58'44"S	52°27'52"W	503 m
02	T3				
03	T3	Santo Inácio	22°39'9"S	51°46'44"W	370m

FS = fases de seleção, T2 = fase de seleção 2, T3 = fase de seleção 3.

### 3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O ensaio T2 foi plantado no delineamento em blocos aumentados. Cada parcela foi constituída por dois sulcos de cinco metros de comprimento, espaçados entre 1,50 m. Foram realizadas avaliações no ciclo de cana planta e cana soca. Os dados de cana planta foram coletados em julho de 2015, onze meses após o plantio, e de cana soca em julho de 2016. Os clones com características desejáveis para cana energia foram selecionados no ciclo de cana planta do ensaio T2 e deram origem aos ensaios T3.

Os campos do ensaio da fase T3 foram plantados em dois ambientes, ambos com duas repetições e no delineamento em blocos aumentados. As parcelas dos ensaios da fase T3 possuíram as mesmas dimensões adotadas no T2. Foram realizadas avaliações no ciclo de cana planta e cana soca, com dados coletados em julho de 2016, doze meses após o plantio e em junho de 2017. Para o plantio realizado nas duas fases foram utilizadas 18 gemas por metro.

### 3.2.3 AVALIAÇÃO DOS CLONES

Foram avaliados 215 clones de 36 famílias na fase T2 e 70 clones de 27 famílias na fase T3. Os caracteres avaliados nos clones em nível de parcela em todos os ensaios foram: número médio de colmos por metro (NC); peso médio de colmo (PMC) estimado com a pesagem de 10 colmos por parcela; teor de fibra em percentagem (FIB) e teor de sacarose aparente em porcentagem (PC) Figura (3.2). Os teores de fibra e sacarose aparente foram obtidos a partir das análises tecnológicas realizadas em amostras de 500g obtidas com a moagem de 10 colmos de duas repetições por família. A partir disto, obtêm-se a quantificação de tonelada de colmos por hectare com palha (TCH), obtida pela fórmula:

$$TCH = \frac{(NC \times PMC \times 10)}{AP}$$

sendo AP a área da parcela em m<sup>2</sup>, e 10 a constante usada para conversão do peso da parcela em toneladas por hectare.

A partir das médias do teor de fibra (FIB), do teor de sacarose aparente (PC) e da tonelada de colmo por hectare, estima-se a tonelada de fibra por hectare (TFH) e a tonelada de sacarose por hectare (TPH) pelas fórmulas:

$$TFH = \frac{(TCH \times FIB)}{100}$$

$$TPH = \frac{(TCH \times PC)}{100}$$

Para a análise dos dados, foram usados dois modelos estatístico, conforme descritos por Resende (2007):

- Modelo básico de Repetibilidade sem Delineamento (Modelo 1), representado pela fórmula:

$$y = Xm + Wp + e$$

Sendo:

$y$  = vetor de dados;

$m$  = vetor dos efeitos de medição (assumidos como fixos) somados à média geral;

$p$  = vetor dos efeitos permanentes de plantas (efeitos genotípicos + efeitos de ambiente permanente, assumidos como aleatórios);

$e$  = vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Este modelo pode ser usado quando são tomados dados repetidos em plantas individuais sem o uso de delineamentos experimentais. Pode também ser usado quando se trabalha com médias de clones avaliados em experimentos.

- Modelo para dados obtidos no delineamento em blocos aumentados com Testemunha de Efeito Fixo (Modelo 2), representado pela fórmula:

$$y = Xm + Zg + Wb + Tp + e$$

Sendo:

$y$  = vetor de dados;

$m$  = vetor dos efeitos de assumidos como fixos (médias de testemunhas e média da população de tratamentos principais em cada medição);

$g$  = vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

$b$  = vetor dos efeitos de ambiente permanente (aleatórios);

$p$  = vetor dos efeitos permanentes de plantas (efeitos genotípicos + efeitos de ambiente permanente, assumidos como aleatórios);

$e$  = vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. As análises de modelos mistos REML/BLUP foram realizadas por meio do software SELEGEN (RESENDE, 2007).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao observar os resultados apresentados da Tabela 3.2, verificou-se que para uma determinação ou nível de confiabilidade de 80% e acurácia acima de 90% de um grupo de 70 clones são necessárias 4 medições para o NCM, 9 medições para

FIB e acima de 10 medições para PC, TCH, TPH e TFH. Para uma acurácia de 70% são necessárias 3 medições para NCM, PC, FIB, 5 medições para TPH e TFH e acima de 7 medições para TCH.

De acordo com Resende (2002, p. 176):

“Quando um grupo maior de indivíduos é selecionado para compor uma população de melhoramento, uma determinação acima de 80% já é adequada, pois a determinação com essa magnitude implica troca na ordem dos melhores de uma safra para outra, mas o grupo dos melhores não deverá ser alterado significativamente”.

De acordo com Santos et al. (2004), os coeficientes de determinação para as cinco características avaliadas, nas condições de estudo, demonstraram confiabilidade apenas para a fibra e tonelada de colmos por hectare (TCH), que exibiram nos três cortes valores superiores a 80%. As demais características ficaram abaixo deste valor, havendo necessidade de serem realizadas novas avaliações com um número de cortes bem maior.

Para Santos et al. (2004), Utilizando-se os métodos de análise de variância e componentes principais, com cinco cortes, obtiveram-se valores acima de 80% para FIB, PC, TCH e TPH, chegando até pouco mais que 90% para FIB pelo método dos componentes principais, e concluíram não ser viável economicamente efetuar mais que cinco cortes para avaliações das características agroindustriais, tendo em vista que o aumento na precisão é muito pouco.

**Tabela 3.2 – Número de medições necessárias (md) para a seleção de clones, a partir do Modelo Básico de Repetibilidade sem Delineamento (Modelo 1), considerando a determinação (Det), acurácia (Ac) e a eficiência (Ef) da realização de medidas em comparação com a situação em que se usa apenas uma medição (Paraná, 2019).**

Caracteres																		
md	NCM			PC			FIB			TCH			TPH			TFH		
	Det	Ac	Ef	Det	Ac	Ef	Det	Ac	Ef	Det	Ac	Ef	Det	Ac	Ef	Det	Ac	Ef
1	0.547	0.740	1.000	0.269	0.518	1.000	0.324	0.569	1.000	0.122	0.349	1.000	0.173	0.415	1.000	0.167	0.409	1.000
2	0.708	0.841	1.137	0.423	0.651	1.256	0.489	0.700	1.229	0.218	0.467	1.335	0.294	0.543	1.306	0.287	0.535	1.309
3	0.784	0.885	1.197	0.524	0.724	1.397	0.590	0.768	1.349	0.294	0.543	1.553	0.385	0.620	1.493	0.376	0.613	1.499
4	0.829	0.910	1.230	0.595	0.771	1.488	0.657	0.811	1.424	0.357	0.598	1.711	0.455	0.674	1.623	0.446	0.667	1.632
5	0.858	0.926	1.252	0.647	0.805	1.553	0.706	0.840	1.476	0.410	0.640	1.833	0.511	0.715	1.720	0.501	0.708	1.731
6	0.879	0.937	1.267	0.688	0.829	1.600	0.742	0.861	1.513	0.455	0.674	1.930	0.556	0.746	1.795	0.547	0.739	1.808
7	0.894	0.946	1.278	0.720	0.848	1.637	0.770	0.878	1.542	0.493	0.702	2.010	0.594	0.770	1.854	0.584	0.764	1.869
8	0.906	0.952	1.287	0.746	0.864	1.667	0.793	0.891	1.565	0.527	0.726	2.077	0.625	0.791	1.903	0.616	0.785	1.920
9	0.916	0.957	1.293	0.768	0.876	1.691	0.812	0.901	1.583	0.556	0.746	2.134	0.652	0.808	1.944	0.644	0.802	1.962
10	0.924	0.961	1.299	0.786	0.887	1.711	0.827	0.910	1.598	0.582	0.763	2.183	0.676	0.822	1.979	0.668	0.817	1.998

NCM = número de colmo por metro, PC = teor de sacarose aparente (%), FIB = teor de fibra (%), TCH = tonelada de cana por hectare, TPH = tonelada de sacarose por hectare e TFH = tonelada de fibra por hectare.

Na tabela 3.3 verifica-se que as maiores valores dos coeficientes de repetibilidade individual ( $r$ ) pelo modelo básico sem delineamento (modelo 1), foram para os caracteres NCM e FIB, com valores de 0,54 e 0,32, seguidos dos valores de PC (0,26) e TCH (0,12) que teve o menor coeficiente de repetibilidade. Isso pode ter influenciado para que o caractere de TPH (0,17) e TFH (0,16) apresentassem baixos coeficientes de repetibilidade.

**Tabela 3.3** – Repetibilidades utilizando os Modelo 1 e 2, estimados a partir dos caracteres de produção dos clones de cana energia avaliados no programa de melhoramento genético da cana energia da Universidade Federal do Paraná (Paraná, 2019).

Parâmetros	Caracteres					
	NCM	PC	FIB	TCH	TPH	TFH
$r_{\text{mod1}}$	0.5474	0.2686	0.3240	0.1221	0.1726	0.1673
$r_{\text{mod2}}$	0.6338	0.3124	0.3379	0.3714	0.2803	0.3578
$r_m$	0.8789	0.6878	0.7420	0.4549	0.5559	0.5466
Ac	0.9375	0.8293	0.8614	0.6745	0.7456	0.7393
Média	16.5678	9.0839	16.6656	128.2545	11.7969	20.7929

$r_{\text{mod1}}$  = repetibilidade individual obtida no modelo 1;  $r_{\text{mod2}}$  = repetibilidade individual obtida no modelo 2;  $r_m$  = repetibilidade da média de  $m$  colheitas ou medidas repetidas; Ac = acurácia da seleção baseada na média da medição. Média = Média geral do experimento, NCM = número de colmo por metro, PC = teor de sacarose aparente (%), FIB = teor de fibra (%), TCH = tonelada de cana por hectare, TPH = tonelada de sacarose por hectare, e TFH = tonelada de fibra por hectare.

Considerando o modelo com delineamento em blocos aumentados (modelo 2), os maiores valores de repetibilidade das parcelas individuais ( $r$ ) foram para NCM e TCH, seguidos pelos caracteres de FIB e PC que obteve o menor índice de repetibilidade. Nesse modelo o caractere de TFH foi superior ao de TPH. As estimativas dos valores dos coeficientes de repetibilidade dos caracteres de NCM, PC, FIB, TCH, TPH e TFH foram 0,63, 0,31, 0,33, 0,37 e 0,28 e 0,35, respectivamente.

O coeficiente de repetibilidade individual em ambos os métodos foram abaixo de 0,4 para todos os caracteres avaliados, exceto para NCM, evidenciando que são muito influenciados pelo ambiente, isso significa que um número maior de repetições seria necessário para alcançar um valor de determinação satisfatório ou seja, não houve regularidade na repetição desses caracteres de um corte para outro, conforme Cruz e Regazzi (1997).

Ao analisar os coeficientes de repetibilidade da média das medidas repetidas ou do número de colheitas ( $r_m$ ), verificou-se que os coeficientes de repetibilidade

foram mais elevados. Os caracteres NCM, FIB, PC, TCH, TPH e TFH apresentaram valores de 0,87, 0,68, 0,74, 0,45, 0,55 e 0,54, respectivamente. Nesse caso o coeficiente de repetibilidade do caractere TCH permaneceu com o menor valor.

Pedrozo et al. (2011), confirmam esses índices baixos para Brix, avaliando a repetibilidade em cana planta e primeira soca apresentaram valores de repetibilidade de 0,69, 0,65 e 0,38 para TCH, TBH e Brix, respectivamente. Segundo estes autores o que explica a alta repetibilidade para TCH e TBH foi o baixo nível de interação entre famílias e colheitas.

Para Ferreira et al. (2005), ao avaliarem 16 experimentos instalados em regiões produtoras do Brasil (Minas Gerais, São Paulo e Goiás) com colheitas realizadas em diferentes épocas, verificou-se que a repetibilidade média geral nos caracteres de PC, TCH e TPH foi superior a 0,60, demonstrando regularidade do desempenho dos genótipos nas várias medições (cortes) e confiabilidade na discriminação genotípica superior a 87%. Verificou-se, nas três características, a necessidade do emprego de no mínimo três cortes, para que a seleção possa ser praticada com previsibilidade do valor real do genótipo acima de 80%. Considerados valores superiores em relação aos encontrados neste trabalho.

Santos et al. (2004), avaliando 20 genótipos de cana-de-açúcar no ensaio instalado na Usina Caeté, localizada no Município de São Miguel dos Campos, AL, subestação experimental do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar da RIDESA. Com o delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições dos caracteres agroindustriais em 3 anos de colheitas, ao utilizarem os métodos dos componentes principais e análise de variância, obtiveram estimativas de coeficientes de repetibilidade para TCH próximas a 0,60. Com relação à característica PC, estes mesmos autores encontraram estimativas em torno de 0,45. Já quanto à característica TPH, obtiveram estimativas de 0,47 pela análise de variância e 0,49 por componentes principais.

### **3.4 CONCLUSÃO**

Os valores de repetibilidade dos caracteres avaliados foram baixos nas duas fases de seleção clonal, demonstrando baixa confiabilidade nas médias genotípicas preditas, entretanto, com 3 a 5 medições é possível obter valores de acurácia



seletiva acima de 70% para todos os caracteres avaliados, com excessão da tonelada de colmos por hectare.

### 3.5 REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R. G. B.; JOSÉ CARLOS MENDONÇA, J. C.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; MARQUES, J. Aspectos Energéticos do Desenvolvimento da Cana-de-Açúcar, Parte 1: Balanço de Radiação e Parâmetros Derivados, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v,25, n,3, 375 - 382, 2010,

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. **Melhoramento Genético e Recomendação de cultivares**. Em: Cana-de-açúcar Bioenergia, Açúcar e Etanol - Tecnologias e Perspectivas (Santos F, Borém A e Caldas C, eds.). UFV, Viçosa, 313-353, 2012.

CAMOLEZI, B. A.; VOLKMER, S. Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, estado do Paraná, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**. Número Especial EGAL. 2011, p. 1 -17.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. rev. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento Genético**. 3 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2004. v.1, 480p.

FERREIRA, R. P.; BOTREL, M. A.; PEREIRA, A. V.; CRUZ, C. D. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.995-1002, 1999.

FERREIRA, A.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; HOFFMANN, H. P.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; SILVA, M. F. da. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.761-767, 2005.

GOES, T.; MARRA, R.; SOUZA E SILVA, G. Setor sucroalcooleiro no Brasil: Situação atual e perspectivas, **Revista de Política Agrícola, Brasília**, Ano XVII, n, 02, p, 39-51, Abr./Mai./Jun, 2008.

PEDOTT, H. A.; FOGLIATTO, S. F. Estudos de Repetitividade e Reprodutividade para dados funcionais. **Produção**, v. 23, n. 3, pp. 548 – 560, 2013.

PEDROZO, C. A.; BRABOSA, M. H. P.; SILVA, F. L.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A. Repeatability of full-sib sugarcane families across harvests and the efficiency of early selection. **Euphytica**, v.181, 2011.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 11, p. 1633-1644, 2007. Disponível em: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. 21.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. Selection via simulated Blup base on family genotypic effects in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v.41, n.3, p.421-429, 2006.

RESENDE, M. D. V.; **Software SELEGEN-REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada Via Modelos Lineares Mistos**. Embrapa Florestas, Colombo, 2007.

SANTOS, M. S. M.; MADALENA, J. A.; SOARES, L.; FERREIRA, P. V.; BARBOSA, G. V. S. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 301-306, 2004.

SILVA, M. A.; GONÇALVES, P. S.; LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, A. J. Estimates of parameters and expected gains from selection of yield traits in sugarcane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.2, p.569-578, 2002.

SILVEIRA, L. C. I.; BRASILEIRO, B. P.; KIST, V.; DAROS, E.; PETERNELLI, L. A. Genetic diversity and coefficient of kinship among potential genitors for obtaining cultivars of energy cane, **Ciência Agronômica** v. 46, p 358-368 2015.

SOUZA-SOBRINHO, F.; LEDO, F. J. S.; PEREIRA, A. V.; BOTREL, M. A.; EVANGELISTA, A. R.; VIANA, M. C. M.. Estimativas de repetibilidade para produção de matéria seca em alfafa. **Ciência Rural**, v.34, p.531-537, 2004.

TEIXEIRA, L. P. B.; CARNEIRO, R. A. F. Bioetanol: novos rumos e os desafios de sua regulação, **Bioenergia em Revista: Diálogo**, n.1, 2013, p, 59-72.

YANG, Z.; KHOURY, C.; JEAN-BAPTISTE, G.; GREENWOOD, M. T. Identification of mouse sphingomyelin synthase 1 as a suppressor of Bax-mediated cell death in yeast. **FEMS Yeast Res** 2006; 6: 751–762.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com os resultados apresentados nesta pesquisa, considera-se que é possível selecionar clones para atender as demandas atuais e futuras do setor sucroenergético com diferentes finalidades: clones para co-geração de energia, para produção de álcool de primeira e segunda geração e produção açúcar, pois identificaram-se clones com potencial produtivo para biomassa com elevado teor de fibra (%FIB) e sacarose (%PC).

Pode-se afirmar ainda que o manejo da cultura e as condições ambientais favoráveis podem elevar consideravelmente a produção de biomassa, fibra e sacarose de clones para cana energia, pois o potencial produtivo para (TCH) de alguns genótipos elevam a produtividade de fibra (TFH) e sacarose (TPH). O caractere TCH mostrou-se como sendo o mais influenciado pelo ambiente, apresentando-se com menores coeficientes de herdabilidade e repetibilidade.

Devido a enorme complexidade da cultura da cana-de-açúcar, torna-se indispensável a continuação dos estudos relacionados ao melhoramento genético para obtenção de genótipos mais produtivos para cana energia.

Os resultados de produtividade dos clones e famílias para cana energia, assim como as análises do coeficientes de repetibilidade apresentados poderão contribuir com as futuras pesquisas para a obtenção de novas variedades de cana energia.

## 5 REFERÊNCIAS GERAL

ANDRÉ, R. G. B.; MENDONÇA, J. C.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; MARQUES, J. Aspectos Energéticos do Desenvolvimento da Cana-de-Açúcar. Parte 1: Balanço de Radiação e Parâmetros Derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n.3, p. 375 - 382, 2010.

BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A.; BRESSIANI, J. A.; SILVEIRA, L. C. I.; SILVA, F. L.; FIGUEIREDO, I. C. R. Use of REML/BLUP for the selection of sugarcane families specialized in biomass production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 218-226, 2004.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. **Melhoramento Genético e Recomendação de cultivares**. Em: Cana-de-açúcar Bioenergia, Açúcar e Etanol - Tecnologias e Perspectivas (Santos F, Borém A e Caldas C, eds.). UFV, Viçosa, 313-353, 2012.

BRESSIANI, J. A. **Seleção seqüencial em cana-de-açúcar**. 159 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CAMOLEZI, B. A.; VOLKMER, S. Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, estado do Paraná, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**. Número Especial EGAL. 2011, p. 1 -17.

CASTRO, A. M. C.; SANTOS, K. H.; MIGLIORANZA, E.; GOMES, C. J. A.; MARCHIONE, M. S. Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. **Agrarian**, Dourados, v.6, n.22, p.415-422, 2013.

CASTRO, H. S.; ANDRADE, L. A. B.; BOTREL, E. P.; EVANGELISTA, A. R. Rendimentos agrícola e forrageiro de três cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em diferentes épocas de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1336-1341, 2009.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento**

**genético**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. rev. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento Genético**. 3 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2004. v.1, 480p.

FERNANDES JUNIOR, A. R.; AZEREDO, A. A. C.; OLIVEIRA, R. A.; BESPALHOK, F. J. C.; IDO, O. T.; DAROS, E.; BRASILEIRO, B. P. Agricultural performance and genetic parameters for yield-related traits of sugar- and energy cane families derived from planned crosses. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-11, 2017.

FERREIRA, R. P.; BOTREL, M. A.; PEREIRA, A. V.; CRUZ, C. D. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.995-1002, 1999.

FERREIRA, A.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; HOFFMANN, H. P.; VIEIRA, M. S.; BASSINELLO, A. I.; SILVA, M. F. da. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.761-767, 2005.

GOES, T.; MARRA, R.; SOUZA E SILVA, G. Setor sucroalcooleiro no Brasil: Situação atual e perspectivas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, Ano XVII, n. 02, p. 39-51, 2008.

JOHNSON, J. M. F.; COLEMAN, M. D.; GESH, R.; JARADAT, A.; MITCHELL, R.; REICOSKY, D.; WILHELM, W. W. Biomass-bioenergy crops in the United States: a changing paradigm. **The American Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 1-28, 2007.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 223-253, 1 jan. 2010.

LANDELL, M. G. A.; PINTO, L. R.; CRESTE, S.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; VASCONCELOS, A. C. M.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; SILVA, M. A. Seleção de

novas variedades de cana-de-açúcar e seu manejo de produção. **Encarte de informações agronômicas**, n. 110, p. 18-24, jun. 2005.

LUIZ, J. São Paulo ganha a primeira fábrica no mundo a fazer matéria-prima para papel a partir da palha da cana. **Rural Pecuária**, *online*. 2017. 1 fotografia: color.

MORAES, M. F.; BASTOS G. Q.; FILHO, C. J. A.; MELO, L. J. O. T.; REIS, O. V. Avaliação agroindustrial e parâmetros genético de progênies de cana-de-açúcar em fase inicial na zona canavieira do litoral norte de Pernambuco. **Ciência Agrotecnologia**, v. 34, p. 1086-1092, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000500002>.

OLIVEIRA, R. A. et. al. Seleção de famílias de cana-de-açúcar via modelos mistos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 269 – 274, 2008.

OLIVEIRA, R. A. et. Al. Genotypic evaluation and selection of sugarcane clones in three environments in the State of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 426 -434, 2005.

PEDOTT, H. A.; FOGLIATTO, S. F. Estudos de Repetitividade e Reprodutividade para dados funcionais. **Produção**, v. 23, n. 3, pp. 548 – 560, 2013.

PEDROZO, C. A.; BRABOSA, M. H. P.; SILVA, F. L.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELLI, L. A. Repeatability of full-sib sugarcane families across harvests and the efficiency of early selection. **Euphytica**, v.181, 2011.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 11, p. 1633-1644, 2007. Disponível em: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

RAMOS, R. S.; BRASILEIRO, B. P; SILVEIRA, L. C. I.; KIST, V.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Selection of parents, families and clones to obtain energy cane. **Agronomy Journal**, v.109, p.1-7, 2017.

RESENDE, M. D. V.; **Software SELEGEN-REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada Via Modelos Lineares Mistos**. Embrapa



Florestas, Colombo, 2007.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. 21.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. Selection via simulated Blup base on family genotypic effects in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v.41, n.3, p.421-429, 2006.

ROSSETO, R. A. bioenergia, a cana energia e outras culturas energéticas. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 1, Jan-Jun 2012.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. A.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.

SANTOS, J. R. A.; GOUVEIA, E. R. Produção de bioetanol de bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.27-33, 2009.

SANTOS, M. S. M.; MADALENA, J. A.; SOARES, L.; FERREIRA, P. V.; BARBOSA, G. V. S. Repetibilidade de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 301-306, 2004.

SILVA, M. A.; GONÇALVES, P. S.; LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, A. J. Estimates of parameters and expected gains from selection of yield traits in sugarcane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.2, p.569-578, 2002.

SILVA, N. L. C. **Produção de bioetanol de segunda geração a partir de biomassa residual da indústria de celulose**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

SILVEIRA, L. C. I.; BRASILEIRO, B. P.; KIST, V.; DAROS, E.; PETERNELLI, L. A. Genetic diversity and coefficient of kinship among potential genitors for obtaining

cultivars of energy cane. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 358-368, 2015.

SILVEIRA, L. C. I.; BRASILEIRO, B. P.; KIST, V.; WEBER, H.; DAROS, E.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Selection in energy cane families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 298-306, 2016.

SOUZA-SOBRINHO, F.; LEDO, F. J. S.; PEREIRA, A. V.; BOTREL, M. A.; EVANGELISTA, A. R.; VIANA, M. C. M.. Estimativas de repetibilidade para produção de matéria seca em alfafa. **Ciência Rural**, v.34, p.531-537, 2004.

TEIXEIRA, L. P. B.; CARNEIRO, R. A. F. Bioetanol: novos rumos e os desafios de sua regulação. **Bioenergia em Revista: Diálogo**, n. 1, p. 59-72, 2013.

TEW, T. L.; COBILL, R. M. Genetic Improvement of Sugarcane (*Saccharum* spp.) as na Energy Crop. In: VERMERRIS, W. **Genetic Improvement of Bioenergy Crops**. Springer, New York, 2008. cap. 9, p. 273-294.

VIANA, P. Agricultores afetados pela seca vão receber 9.200 toneladas de bagaço de cana. **Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária, Pesca e Aquicultura - SEAGRI**, *online*. 2015. 1 fotografia: color.

VIOLANTE, M. H. S. R. **Potencial de produção de cana-energia em áreas agrícolas marginais no Brasil**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

XAVIER, M. A.; Perecin, D.; Alvim, K. R. T.; Landel, M. G. A.; Arantes, F. C. Selecting families and full-sib progenies of sugarcane for technological attributes and production by the method of REML/BLUP, **Bragantia**. v. 73 n. 3 Campinas, 2014 <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0193>.

YANG, Z.; KHOURY, C.; JEAN-BAPTISTE, G.; GREENWOOD, M. T. Identification of mouse sphingomyelin synthase 1 as a suppressor of Bax-mediated cell death in yeast. **FEMS Yeast Res** 2006; 6: 751–762.